

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 37 33 681 C 1

21 Aktenzeichen: P 37 33 681.9-22
22 Anmeldetag: 5. 10. 87
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 28. 7. 94

51 Int. Cl. 5:
F 41 G 7/22
F 42 C 13/02
G 01 S 3/78
F 41 H 11/02
// F 41 G 7/30

DE 37 33 681 C 1

Erteilt nach § 54 PatG in der ab 1. 1. 81 geltenden Fassung
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Buck Chemisch-Technische Werke GmbH & Co,
73337 Bad Überkingen, DE

72 Erfinder:
Obkircher, Bernt, Dr., 83454 Anger, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 26 55 520 C3
DE 24 26 844 C3

54 Vorrichtung mit Infrarot-Suchkopf zur Entdeckung und Bekämpfung feindlicher Hubschrauber

57 Eine Vorrichtung mit Infrarot-Suchkopf zur Entdeckung und Bekämpfung feindlicher Hubschrauber wird so ausgebildet, daß in der Brennebene der IR-Optik des Suchkopfes als IR-Sensor eine zweidimensionale Matrix aus einer Vielzahl von punktförmigen Detektorzellen angeordnet ist, wobei die Detektorzellen in einem Wellenlängenbereich zwischen 3 und 14 µm oder einem Teilbereich davon arbeiten und zur Ermittlung der Winkelablage des Hubschraubers von einer Auswerteinrichtung so schnell nacheinander einzeln abgefragt werden, daß eine nahezu gleichzeitige Übermittlung aller Meßwerte erfolgt.

DE 37 33 681 C 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Entdeckung und Bekämpfung feindlicher Hubschrauber gemäß Oberbegriff des Patentanspruches 1. Eine derartige Vorrichtung ist aus der DE-OS 29 07 249 bekannt.

Bei der bekannten Vorrichtung wird als Sensor ein pyroelektrischer Detektor oder ein Quadrantendetektor verwendet. Mit diesen speziellen Detektoren soll nun einerseits die Möglichkeit einer Unterscheidung zwischen der von einem Hubschrauber herrührenden IR-Strahlung und der IR-Strahlung eines anderen im Sehfeld des Suchkopfes befindlichen IR-Strahlers ermöglicht werden, und zwar dadurch, daß die von den Rotorblättern des Hubschraubers modulierte IR-Strahlung zu elektrischen Impulsfolgen, die IR-Strahlung einer anderen Strahlungsquelle zu elektrischen Dauersignalen führt, wobei dann die Auswerteinrichtung nur eine Auswertung der Impulsfolgesignale vornimmt. Andererseits soll durch diese Detektoren die Richtung der ankommenden modulierten IR-Strahlung und damit die Winkelablage des Hubschraubers ermittelt werden, um diese dann mit entsprechenden Maßnahmen bekämpfen zu können. Nun ist es zwar mit Hilfe eines pyroelektrischen Detektors oder eines Quadrantendetektors möglich, in der Auswerteinrichtung eine Unterscheidung zwischen einer modulierten und einer unmodulierten IR-Strahlung zu treffen, jedoch ist die Empfindlichkeit zu gering, um die Hubschrauberstrahlung messen zu können. Pyroelektrische Detektoren, beispielsweise auf Barium/Strontium/Niobat-Basis, haben nur ein Nachweisvermögen von $D^* \approx 10^7 - 10^8 \text{ cm W}^{-1} \text{ Hz}^{1/2}$. Darüberhinaus ist auch keine Bestimmung des Types des Hubschraubers, die, wie später noch erläutert werden wird, eine Modulationsfrequenz vorgegebener Größen verursachen, möglich. Ein weiterer Nachteil der bekannten Vorrichtung besteht darin, daß sowohl der pyroelektrische Detektor als auch der Quadrantendetektor zu einer nur sehr ungenauen Ermittlung der Winkelablage führen, was die Bekämpfungsmaßnahmen sehr erschwert, beispielsweise kann damit keine exakte Endphasenlenkung eines Flugkörpers vorgenommen werden. Dabei ist es bei pyroelektrischen Detektoren kaum möglich, eine feinere Abstufung des Sensors zu erhalten und Quadrantendetektoren könnten zwar in eine größere Zahl von Sektoren als vier aufgeteilt werden, jedoch ergibt sich damit immer noch nicht eine Abstufung in radialer Richtung des Sensors. Eine "Feinabstufung" und damit eine exaktere Ermittlung der Winkelablage des Zielhubschraubers wäre zwar mit einer sogenannten Wärmebild-Kamera möglich, jedoch kann damit nicht zwischen modulierter und unmodulierter Strahlung unterschieden werden, weil die einzelnen Sensorpunkte von der Auswerteinrichtung zeilenweise abgetastet werden, so daß nicht erkennbar ist, ob die auf den einzelnen Sensorpunkt fallende IR-Strahlung getaktet ist oder nicht. Bei Verwendung einer Wärmebild-Kamera würde also die große Gefahr einer Ortung falscher Ziele bestehen.

Ferner sind aus der DE 26 55 520 ein Verfahren und eine Vorrichtung bekannt, mit deren Hilfe vom Boden aus ein am Horizont fliegender Hubschrauber erkannt und identifiziert werden kann. Dabei wird zur Identifizierung die Modulation der Hintergrundstrahlung durch den Rotor im sichtbaren Wellenlängenbereich oder die Rotoreigenstrahlung im Wärmestrahlungs-
bereich herangezogen. Die Vorrichtung benötigt drei verschiedene Sensoren, die sich drehen und in jeweils ei-

nem anderen Wellenlängenbereich empfindlich sind: Eine Verwendung dieses bekannten Verfahrens und dieser bekannten Vorrichtung bei einem über dem zu erkennenden Hubschrauber befindlichen Suchkopf ist schon deshalb nicht möglich, weil damit gerade das unter dem Suchkopf befindliche Zielgebiet nicht abgetastet würde.

Schließlich ist noch darauf hinzuweisen, daß es aus der DE-24 26 844 vorbekannt war, für den passiven Betrieb IR-Sensoren zu verwenden, die aus CdHgTe bestehen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, die eingangs erwähnte Vorrichtung so zu verbessern, daß eine exakte Ermittlung sowohl der Modulationsfrequenz der IR-Strahlung als auch der Winkelablage derselben möglich ist. Die Lösung dieser Aufgabe ergibt sich aus den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 1.

Bei der Erfindung wird also in der Brennebene der IR-Optik eine Matrix aus Detektorzellen, sogenannten Pixeln, angeordnet, wobei diese Pixel durch die Auswerteinrichtung fast gleichzeitig einzeln abfragbar sind, so daß dann die von den Pixeln gelieferten elektrischen Signale sowohl eine exakte Erkennung als auch eine exakte Ortung eines im Sehfeld des Suchkopfes auftauchenden Hubschraubers möglich macht. Darüberhinaus ist — im Gegensatz etwa zum Quadrantendetektor ohne radiale Abstufung — mit der erfindungsgemäßen Detektorenmatrix erkennbar, ob sich der Zielhubschrauber nahe benachbart bzw. am Rand des Sehfeldes befindet, so daß dann entsprechende Maßnahmen, beispielsweise eine Erweiterung des Sehfeldes getroffen werden können.

Die Modulationsfrequenz der ankommenden IR-Strahlung kann dabei die Pixel-Matrix so genau ermitteln, daß aus der Frequenz auf den Hubschrauber-Typ geschlossen werden kann, mit dem Ergebnis einer Freund-Feind-Erkennung, in welchem Fall die Auswerteinrichtung so auszubilden ist, wie dies im Patentanspruch 2 gekennzeichnet ist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der aus einer einzigen Figur bestehenden Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt die Zeichnung schematisch den Suchkopf der Vorrichtung und den Strahlengang von einem im Sehfeld des Suchkopfes auftauchenden Hubschrauber.

Mit 10 ist auf der Zeichnung der Suchkopf bezeichnet, und zwar dessen vorderer (aktiver) Teil. Der Suchkopf 10 hat eine optische Achse 11 und ist an seiner Spitze mit einer IR-Optik 13 versehen, die in der Zeichnung der Einfachheit halber als eine Sammellinse dargestellt ist. In der Praxis wird verständlicherweise eine mehrteilige Optik verwendet, vorzugsweise eine Optik aus verstellbaren Spiegeln, wobei Filter, Blenden und dergleichen hinzukommen können. In der Brennebene der Optik 13 ist eine Matrix 14 aus einer Vielzahl punktförmiger Detektorzellen 15 angeordnet. Diese Detektorzellen 15, üblicherweise Pixel genannt, sprechen auf einen vorgegebenen Wellenbereich an, und zwar auf eine IR-Strahlung zwischen 3 und 14 μm , vorzugsweise 3 bis 5 und/oder 8 bis 14 μm . In der Praxis kann die Matrix 14 beispielsweise eine Quadratmatrix aus 16 000 Pixeln sein. Die Pixeln bestehen vorzugsweise aus CdHgTe oder InSb ($D^* \approx 10^{10} - 10^{11} \text{ cm W}^{-1} \text{ Hz}^{1/2}$) oder einem Material ähnlicher IR-Sensibilität. Die elektrischen Ausgangssignale der einzelnen Pixel werden einer — auf der Zeichnung nicht dargestellten — Auswerteinrichtung zugeführt, wobei diese Auswerteinrichtung die Pixeln fast gleichzeitig einzeln abfragt bzw. deren Aus-

gangssignale gleichzeitig aber gesondert aufnimmt. Die Auswertung durch die Auswerteinrichtung liefert dann zum einen den exakten Ort der IR-Strahlungsquelle und zum anderem die genaue Frequenz der Strahlungsmodulation (wenn eine solche vorhanden ist).

Auf der Zeichnung ist der Suchkopf 10 von oben her auf den angedeuteten Erdboden 12 gerichtet, wobei mit 16 eine IR-Strahlungsquelle, nämlich ein Hubschrauber, bezeichnet ist, der sich innerhalb des Sehfeldes 17 des Suchkopfes 10 befindet. Dabei ist der Hubschrauber 16 im Bereich des Randes des Sehfeldes 17 und wird deshalb auch einschließlich seiner Hintergrundstrahlung auf den entsprechenden Pixel am Rande der Matrix 14 abgebildet, wodurch die auf dem Pixel 15 auftreffende Strahlung größer ist als diejenige, die auf die Nachbarpixel auftritt. Die Auswerteinrichtung mißt die Strahlung auf allen Pixeln, auf die eine erhöhte Strahlung auffällt, und zwar mindestens so lange, bis eine eventuell vorhandene Modulation in dem für einen Hubschrauber charakteristischen Frequenzbereich von etwa 10 bis 30 Hz erkannt werden kann. Wird eine solche Modulationsfrequenz erkannt, dann ist es auch möglich, auf der Grundlage der exakt bestimmten Frequenz den Hubschrauber-Typ zu ermitteln, weil Hubschrauber innerhalb gewisser Grenzen mit relativ konstanter Drehzahl ihres Rotors fliegen, so daß die ermittelte Modulationsfrequenz den Hubschrauber-Typ festlegt, was eine Freund-Feind-Erkennung ermöglicht. Die Lage desjenigen Pixels, auf den die IR-Modulation festgestellt worden ist, ergibt die Zielinformation, also den Ablagewinkel des Zielhubschraubers 16 von der optischen Achse 11. Nach Identifizierung und Ortung des Zielhubschraubers kann eine Bekämpfungsmaßnahme eingeleitet werden. So kann der Suchkopf beispielsweise Teil eines Flugkörpers sein, der sich nach Abwurf des Fallschirmes und evt. zusätzlichem Zünden eines Raketenmotors unter weiterer Lenkung, z. B. Proportionalenkung durch den Suchkopf auf den Zielhubschrauber, stürzt. Eine andere Möglichkeit besteht darin, daß vom Suchkopf aus über Funk eine Bodenrakete gezündet und mittels des Suchkopfes zum Zielhubschrauber geleitet wird.

Um zu verhindern, daß beim Absinken des Suchkopfes mit sich dabei zwangsläufig ergebender Verkleinerung des Sehfeldes der Zielhubschrauber aus dem Sehfeld entfernt, ist es zweckmäßig, die IR-Optik so auszubilden, daß deren Sehfeld mit dem Absinken des Fallschirmes selbsttätig größer wird. Dies kann durch einen üblichen Mechanismus erfolgen.

Selbstverständlich kann die dargestellte Vorrichtung zahlreiche Abwandlungen erfahren, ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen. Dies gilt insbesondere bezüglich der Größe der Detektormatrix und der Anzahl der Matrix-Detektorzellen sowie der jeweiligen Ausbildung der IR-Optik und der Auswerteinrichtung.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Entdeckung und Bekämpfung feindlicher Hubschrauber, die einen Infrarot-Suchkopf aus einer IR-Optik, einem in Abhängigkeit von einfallender IR-Strahlung elektrische Signale abgebenden IR-Sensor und einer die Amplituden und die Frequenz der elektrischen Signale ermittelnden Auswerteinrichtung aufweist, wobei der vorzugsweise an einem Fallschirm hängende Suchkopf über den Hubschrauber gebracht wird, die von der Antriebstrurbine und der Abgasfahne des Hubschraubers nach oben abgegebene und von

den Hubschrauber-Rotorblättern modulierte IR-Strahlung aufnimmt, die Winkelablage des Hubschraubers zur optischen Achse des Suchkopfes ermittelt und entsprechende Bekämpfungsmaßnahmen auslöst, dadurch gekennzeichnet, daß in der Brennebene der IR-Optik (13) als IR-Sensor eine zweidimensionale Matrix (14) aus einer Vielzahl von punktförmigen Detektorzellen (15) angeordnet ist, wobei die aus CdHgTe oder InSb oder ähnlich IR-sensiblen Material bestehenden Detektorzellen (15) alle im gleichen Wellenlängenbereich empfindlich sind, und zwar im Wellenbereich von 3 bis 15 μm oder einem Teilbereich davon, und zur Ermittlung der Winkelablage des Hubschraubers (16) von der Auswerteinrichtung so schnell nacheinander einzeln abfragbar sind, daß eine nahezu gleichzeitige Übermittlung aller Meßwerte erfolgt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Freund-Feind-Erkennung die Auswerteinrichtung mit einem Speicherkreis, in welchem die Modulationsfrequenzen feindlicher Hubschrauber (16) gespeichert sind, und mit Vergleichskreisen zum Vergleichen der Modulationsfrequenz der empfangenen IR-Strahlung mit den gespeicherten Frequenzwerten ausgerüstet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die IR-Optik (13) einen veränderbaren maximalen Seitenwinkel (17) aufweist, so daß das Sehfeld gesteuert veränderbar ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die IR-Optik (13) aus verstellbaren Spiegeln aufgebaut ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektorzellen (15) im Wellenbereich zwischen 3 und 5 μm empfindlich sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

